

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-263715

(43)Date of publication of application : 19.09.2003

(51)Int.Cl. G11B 5/66  
G11B 5/64  
G11B 5/667  
G11B 5/738  
H01F 10/16

(21)Application number : 2003-031989

(71)Applicant : KOMAG INC

(22)Date of filing : 10.02.2003

(72)Inventor : BERTERO GERARDO  
MALHOTRA SUDHIR  
WACHENSCHWANZ DAVID  
SHAN ZHENGSHENG  
STAFFORD DONALD

(30)Priority

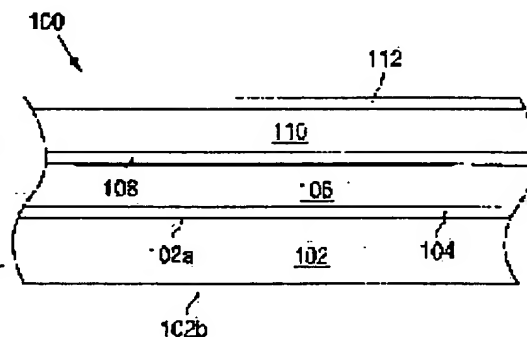
Priority number : 2002 075123 Priority date : 12.02.2002 Priority country : US

## (54) MAGNETIC MEDIUM WITH IMPROVED EXCHANGE COUPLING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase antiferromagnetic coupling between a magnetic layer and a magnetic layer without increasing noise.

SOLUTION: The magnetic recording medium is provided with a substrate (102), a underlayer (104), a lower magnetic layer (106) formed on the underlayer, an intermediate layer (108), and an upper magnetic layer (110) formed on the intermediate layer. The intermediate layer is typically made of Ru to promote antiferromagnetic coupling between the upper and lower magnetic layers. The upper and lower magnetic layers are typically made of Co alloys. The lower magnetic layer has high saturation magnetization  $M_s$  to promote high exchange coupling between the upper and lower magnetic layers. The dynamic coercive force of the lower magnetic layer is lower than the exchanged magnetic field to enable rapid switching of the lower magnetic layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or]

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-263715

(P2003-263715A)

(43) 公開日 平成15年9月19日 (2003.9.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 1 1 B	5/66	G 1 1 B 5/66	5 D 0 0 6
	5/64	5/64	5 E 0 4 9
	5/667	5/667	
	5/738	5/738	
H 0 1 F	10/16	H 0 1 F 10/16	
審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願2003-31989 (P2003-31989)

(22) 出願日 平成15年2月10日 (2003.2.10)

(31) 優先権主張番号 1 0 / 0 7 5 1 2 3

(32) 優先日 平成14年2月12日 (2002.2.12)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 591037649

コマグ・インコーポレイテッド

KOMAG, INCORPORATED

アメリカ合衆国カリフォルニア州95131-

1873・サンノゼ・オートメーションパーク

ウェイ 1710

(72) 発明者 ジェラルド ベルテロ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

94062 レッドウッド シティ ウッズ

ワース アヴェニュー 185

(74) 代理人 100059959

弁理士 中村 稔 (外8名)

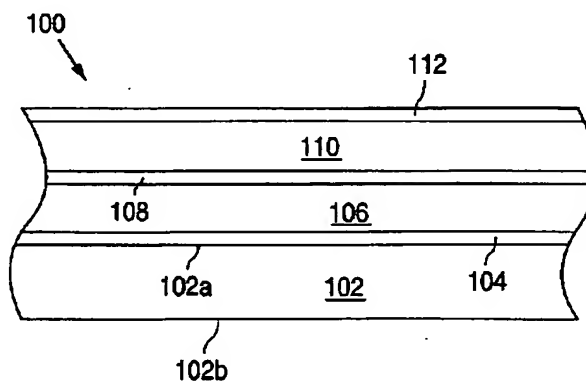
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 交換結合が改善された磁気媒体

(57) 【要約】

【課題】 ノイズを増加させることなく、磁気層と磁気層の間の反強磁性結合を増加させる。

【解決手段】 磁気記録媒体は、基板(102)と、下層(104)と、下層上に形成された下側磁気層(106)と、中間層(108)と、中間層上に形成された上側磁気層(110)とを備える。中間層は、典型的にはRuであり、上側と下側磁気層の間の反強磁性結合を促進する。上側と下側磁気層は、典型的にはCo合金である。下側磁気層は、高い飽和磁化Msを有し、上側と下側磁気層の間の高い交換結合を促進する。下側磁気層の動的保磁力は、交換磁界より低く、下側磁気層の迅速なスイッチングができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁気記録媒体において、  
基板、

前記基板上に形成され、 $M_s$  が  $250 \text{ emu/cm}^3$  より大きい下側磁気層構造、

Ru からなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記下側磁気層構造の  $M_s$  は  $300 \text{ emu/cm}^3$  より大きい磁気記録媒体。

【請求項 3】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記下側磁気層構造は、主に Co であり、5 から 20 原子%の Cr、0 から 6 原子%の Ta、0 から 10 原子%の B、0 から 10 原子%の Pt を含む磁気記録媒体。

【請求項 4】 請求項 3 記載の磁気記録媒体において、前記下側磁気層構造は、0 から 10 原子%の X を含有し、ここに X は、Co、Cr、Ta、B、Pt 以外の 1 つ又はそれ以上の他の元素である磁気記録媒体。

【請求項 5】 請求項 4 記載の磁気記録媒体において、前記 X は Nb、Ta、Cu、Mo、W、V、Si、C、Pd、Ru、Ir、又は Y から選択される 1 つ又はそれ以上の元素である磁気記録媒体。

【請求項 6】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記上側磁気層構造は、主に Co であり、10 から 30 原子%の Cr、8 から 20 原子%の Pt、0 から 20 原子%の B を含む磁気記録媒体。

【請求項 7】 請求項 6 記載の磁気記録媒体において、前記上側磁気層構造は、0 から 10 原子%の X を含有し、ここに X は、Co、Cr、Ta、B、Pt 以外の 1 つ又はそれ以上の他の元素である磁気記録媒体。

【請求項 8】 請求項 7 記載の磁気記録媒体において、前記 X は Nb、Ta、Cu、Mo、W、V、Si、C、Pd、Ru、Ir、又は Y から選択される 1 つ又はそれ以上の元素である磁気記録媒体。

【請求項 9】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記基板と前記下側磁気層構造の間に形成された下層を備える磁気記録媒体。

【請求項 10】 磁気記録媒体において、  
基板、

前記基板上に形成された下側磁気層構造、  
Ru からなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、前記下側磁気層構造の動的保磁力と交換磁界の関係は、書き込みの間に、磁気ディスクの 1 回転周期に必要な時間内で、前記下側磁気層構造の一部は、その安定磁化状態に到達することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 11】 磁気記録媒体において、

基板、

前記基板上に形成された下側磁気層構造、

Ru からなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、前記下側磁気層構造の動的保磁力と交換磁界の関係は、書き込みの間に、磁気ディスクの 1 回転周期に必要な時間内で、前記下側磁気層構造の一部は、その安定磁化状態 90% 以上に到達することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 12】 磁気記録媒体において、  
基板、

前記基板上に形成された下側磁気層構造、

Ru からなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、前記下側磁気層構造の動的保磁力と交換磁界の関係は、書き込みの間に、磁気ディスクの 1 回転周期に必要な時間内で、前記下側磁気層構造の一部は、その安定磁化状態の 95% 以上に到達することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 13】 磁気記録媒体において、  
基板、

前記基板上に形成された下側磁気層構造、

Ru からなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、前記下側磁気層構造の動的保磁力と交換磁界の関係は、書き込みの間に、100 ミリ秒以内で、前記下側磁気層構造の一部は、実質的にその安定磁化状態に到達することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 14】 磁気記録媒体において、  
基板、

前記基板上に形成された下側磁気層構造、

Ru からなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、前記下側磁気層構造の動的保磁力と交換磁界の関係は、書き込みの間に、100 ミリ秒以内で、前記下側磁気層構造の一部は、その安定磁化状態 90% 以上に到達することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 15】 磁気記録媒体において、  
基板、

前記基板上に形成された下側磁気層構造、

Ru からなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、前記下側磁気層構造の動的保磁力と交換磁界の関係は、書き込みの間に、100 ミリ秒以内で、前記下側磁気層構造の一部は、その安定磁化状態 95% 以上に到達することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 16】 磁気記録媒体において、  
基板、

前記基板上に形成され、 $K_u$  が 0 から  $1.0 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$  である下側磁気層構造、

前記下側磁気層構造上に形成されたRuからなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、Kuが $10^6 \text{ erg/cm}^3$ より大きいことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項17】 請求項16記載の磁気記録媒体において、前記下側磁気層のKuは、 $0.5 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ より小さい磁気記録媒体。

【請求項18】 磁気記録媒体において、下側磁気層構造、

前記下側磁気層構造上に形成されたRuからなる中間層、及び前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記下側磁気層構造の動的保磁力はゼロと等しいかそれより大きい、前記上側と下側磁気層構造の交換磁界より小さいことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項19】 請求項18記載の磁気記録媒体において、前記下側磁気層構造の動的保磁力は前記交換磁界の $1/2$ より小さい磁気記録媒体。

【請求項20】 請求項18記載の磁気記録媒体において、前記動的保磁力は、1から10nsの記録スイッチング時間についてである磁気記録媒体。

【請求項21】 磁気記録媒体において、基板、

前記基板上に形成された下側磁気層構造、

前記下側磁気層構造上に形成されたRuからなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合し、10ミリ秒のスイッチング時間に測定した前記下側磁気層構造の動的保磁力は、前記上側と下側磁気層構造の交換磁界より小さいことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項22】 請求項21記載の磁気記録媒体において、10ミリ秒のスイッチング時間に測定した前記下側磁気層構造の動的保磁力は、前記上側と下側磁気層構造の交換磁界の $1/2$ より小さい磁気記録媒体。

【請求項23】 請求項21記載の磁気記録媒体において、前記基板上に最下磁気層構造が形成され、前記最下磁気層構造と前記下側磁気層構造の間にRuからなる第2中間層が形成される磁気記録媒体。

【請求項24】 磁気記録媒体において、基板、

前記基板上に形成され、粒子間がデカップリングした磁氣的にソフトな材料からなる下側磁気層構造、

前記下側磁気層構造上に形成されたRuからなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項25】 磁気記録媒体において、基板、

前記基板上に形成され、保磁力が500Oe又はそれより小さい磁気材料からなる下側磁気層構造、

前記下側磁気層構造上に形成されたRuからなる中間層、及び前記中間層上に形成された上側磁気層構造を備え、前記上側磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性結合することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項26】 請求項25記載の磁気記録媒体において、前記磁気材料は粒子間がデカップリングしている磁気記録媒体。

【請求項27】 請求項24乃至26の何れか1項記載の磁気記録媒体において、前記下側磁気層構造は、パーマロイ、センダスト、CoTaZr、FeTaC、NiFeNb、CoFe、NiCrFe、NiV、CuNi、FeRh、及びPtMnから選択された合金である磁気記録媒体。

【請求項28】 請求項1乃至27の何れか1項記載の磁気記録媒体において、前記上側と下側磁気層構造のうち少なくとも一方は、複数の層を備える磁気記録媒体。

【請求項29】 請求項1乃至28の何れか1項記載の磁気記録媒体を備える磁気ディスクドライブ。

【請求項30】 請求項1乃至28の何れか1項記載の磁気記録媒体において、前記基板上に最下磁気層構造が形成され、前記最下磁気層構造と前記下側磁気層構造の間にRuからなる第2中間層が形成され、前記最下磁気層構造は前記下側磁気層構造に反強磁性的に結合する磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、磁気ディスク等の磁気記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 図1は、長期のデータ記録に使用される従来の磁気記録媒体1を示す。磁気記録媒体1は、基板2と、下層3と、Co合金の磁気層4と、炭素の保護層5とを備える。また、図1には、第1方向D1に磁化された磁気層4の第1領域4aと、第1方向と反対の第2方向D2に磁化された第2領域4bと、第1領域4aと第2領域4bの間の遷移領域TRとを備える。磁気記録において、面積当たりの記録密度を最大にするには、遷移領域TRはできるだけ小さいことが好ましい。一般に、遷移領域TRの長さは、 $M_r T / H_c$ に比例する。ここに、 $M_r$ はCo合金の残留磁気、 $T$ は磁気層4の厚さ、 $H_c$ は磁気層4の保磁力である。

【0003】 遷移領域TRの長さを短くするためには、 $M_r T$ を小さくしても良い。しかし、記録媒体1の $M_r T$ を小さくすると磁気層4の熱安定性が低くなる。言換えると、 $M_r T$ を小さくすると、温度が上昇するとき、磁気層4が磁化状態を保持する能力が低くなり、そのため磁気層4に記録されたデータを保持する能力が低くなる。(明らかに、熱安定性は磁気媒体に非常に望ましい

特性である。)

【0004】図2は、従来の第2の磁気記録媒体20を示し、基板22と、下層24と、Co合金の磁気層26と、Ru層28と、上側Co合金磁気層30と、炭素保護層32とを備える。記録媒体20は、遷移領域TRの長さを短くし、同時に熱安定性を増すように設計されている。特に、Ru層28の厚さがある範囲(例えば、0.3から1.0nm)内であれば、磁気層26と磁気層30は、相互に反強磁性的に結合する。このため、記録媒体20の遷移領域TRの長さは、 $M_{r26}T_{26}-KMr_{30}T_{30}$ に比例する。ここに、Kは比例定数、 $M_{r26}$ は磁気層26の残留磁気、 $T_{26}$ は磁気層26の厚さ、 $M_{r30}$ は磁気層30の残留磁気、 $T_{30}$ は磁気層30の厚さである。(定数Kは、磁気層26と磁気層30の反強磁性結合の程度に関連する。)しかし、記録媒体20の熱安定性は、 $M_{r26}T_{26}+KMr_{30}T_{30}$ の関数として高くなる。従って、反強磁性結合により、遷移領域TRの長さを短くすることができ、また熱安定性が高くなる。(反強磁性結合はまた、記録媒体20の信号対ノイズ比を改善する。)

【0005】図2の記録媒体20にデータを記録するとき、磁気層26と磁気層30の間の反強磁性結合により、磁気層30内の領域を(例えば、矢印D3で示されるように)磁化するとき、磁気層26の磁化方向は、例えば、矢印D4で示されるように反対方向である。図3は、図2の構造において磁気層26と磁気層30が強く結合しているときのヒステリシスループ40を示す。図示するように、記録媒体20にかける磁界 $H_{app}$ を増加すると、ヒステリシスループ40の部分P1では、磁気層26と磁気層30は同じ方向D3に磁化される。かける磁界 $H_{app}$ を点P2を過ぎて減少させると、磁気層26の磁化方向は、方向D4にスイッチングし始める。ヒステリシスループ40の部分P3は、かける磁界 $H_{app}$ にตอบสนองして、磁気層26が磁化方向を変化させるときの、記録媒体20の磁気特性を示す。かける磁界 $H_{app}$ が0になると(点P4)、磁気層26は方向D4に磁化される。

【0006】図4は、磁気層26が磁気層30に弱く反強磁性結合しているときの記録媒体20のヒステリシスループを示す。図示するように図3と比較して図4では、磁気層26が磁化方向を(即ち、方向D3からD4に)スイッチングする点P5は、かける磁界 $H_{app}$ がずっと低い点で起こる。磁気層26と磁気層30の間の磁気結合が弱いと、記録媒体20の状態を反強磁性状態にスイッチングするのに必要な時間が長くなるので、好ましくない。特に、磁気層30が方向D3に磁化され、磁気層26が方向D4に磁化される状態を作るのにより長い時間がかかる。磁気記録媒体は、熱エネルギーに依存して、磁気層26を磁化方向D4にスイッチングする。更に、弱い結合はまた、 $H_{app}$ がゼロになったとき、磁気層26が所望のように完全には磁化されない状態を生じる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】磁気層26と磁気層30の間の反強磁性結合を増加させることが好ましい。このようにする一つの方法は、例えば、図5に示すように記録媒体20'にRu層28の各側に純粋なCo層34, 36を追加することである。Co層34, 36は、磁気層26と磁気層30の間の反強磁性結合を増加させる。Co層34, 36は、Co層34, 36内の粒子間の磁気結合により、記録媒体20'のノイズを増加させるので好ましくない。このようにノイズを増加させることなく、磁気層26と磁気層30の間の反強磁性結合を増加させることが好ましい。

【0008】

【課題を解決する手段】本発明による磁気記録媒体は、下側磁気層と、下側磁気層上の中間層と、中間層の上側磁気層とを備える。磁気記録媒体は、典型的には磁気ディスクである。上側と下側磁気層は強磁性であり、典型的にはCo合金、Fe合金、又はNi合金である。中間層は、上側と下側磁気層の間の反強磁性結合を誘起する特性を有する。1実施の形態では、中間層はRuである。

【0009】本発明の1態様では、下側磁気層は、高い交換磁界(exchange field)  $H_{ex}$ を容易にするため、高い $M_s$ を有する。(交換磁界は、上側と下側磁気層の間の結合の量の尺度である。)1実施の形態では、下側磁気層の $M_s$ は、 $250 \text{ emu/cm}^3$ と等しいかそれより大きく、典型的には $300 \text{ emu/cm}^3$ より大きい。下側磁気層の $M_s$ は、 $2000 \text{ emu/cm}^3$ と等しいかそれより小さくてもよく、典型的には $1400 \text{ emu/cm}^3$ より小さい。

【0010】高い $M_s$ 値は、Ru中間層と協働して、強い反強磁性結合を与えることが分かった。(高い $M_s$ 値が反強磁性結合を促進する理由は、結合はRuを横切って移動の可能なスピンの密度の関数であるからであると考えられる。)  $M_s$ が高いほど、スピン密度が高く、Ru層を横切ってより高い量の交換が行われる。)

【0011】本発明の他の態様によれば、動的保磁力 $H_c$ と交換磁界 $H_{ex}$ の関係は、磁気ディスクの1回転周期内での書き込み後に、下側磁気層がその安定状態磁化状態に到達するようになっている。1実施の形態では、磁気ディスクの1回転周期内で、下側磁気層は安定状態磁化状態の90%から100%に到達する。他の実施の形態では、磁気ディスクの1回転周期内で、下側磁気層は安定状態磁化状態の95%から100%に到達する。

【0012】記録スイッチング時間において、下側磁気層の $H_c$ はゼロと等しいかそれより大きい、交換磁界 $H_{ex}$ より小さい。記録スイッチング時間(recording switching time)における下側磁気層の $H_c$ は、典型的には記録時間の交換磁界の約1/2に等しいかそれより小さい。こうすると、下側磁気層を所望の磁化方向にスイッチングするのが容易になる。(典型的には、記録スイッチング時間における上側磁気層の $H_c$ は、記録スィ

テング時間における下側磁気層の $H_c$ よりかなり大きい。)

【0013】本発明の他の態様によれば、上側磁気層の異方性定数 $K_u$ は $0.5 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ より大きく、良い熱安定性を与える。1実施の形態では、上側磁気層の $K_u$ は、 $1.0 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ より大きい。(上側磁気層の $K_u$ は、書き込みを妨げるほどは高くなく、典型的には $10^7 \text{ erg/cm}^3$ より小さい。) 下側磁気層の $K_u$ は、上側磁気層の $K_u$ より小さくても良い。例えば、下側磁気層の $K_u$ は典型的には $1.0 \times 10^4 \text{ erg/cm}^3$ 、 $1.0 \times 10^3 \text{ erg/cm}^3$ 又はさらに小さくても良い。(しかし、 $0 \text{ erg/cm}^3$ に等しいかそれより大きい。) (下側磁気層の $K_u$ が小さいと、保磁力が小さくなり、それにより下側磁気層の磁化方向のスイッチングが容易になる。)

【0014】1実施の形態では、下側磁気層は、Coベース合金であり、5から20原子%のCr、0から6原子%のTa、0から10原子%のB、0から10原子%のPtからなる。合金は0から10原子%のXを含有することができ、ここにXは1つ又はそれ以上の他の元素である。1実施の形態では、XはNb、Ta、Cu、Mo、W、V、Si、C、Pd、Ru、Ir、又はYの1つ又はそれ以上である。好ましくは、この合金は上述したMs、 $H_c$ 、 $K_u$ を示す。

【0015】1実施の形態では、上側磁気層は、Coベース合金であり、10から30原子%のCr、8から20原子%のPt、0から20原子%のBからなる。上側磁気層は、0から10原子%のXを含有することができ、ここのXは1つ又はそれ以上の他の元素である。1実施の形態では、XはNb、Ta、Cu、Mo、W、V、Si、C、Pd、Ru、Ir、又はYの1つ又はそれ以上である。好ましくは、この合金は上述した $H_c$ 、 $K_u$ を示す。

【0016】本発明の他の実施の形態による磁気記録媒体は、2つ又はそれ以上のRu中間層を備え、それぞれが2つの磁気層の間に挟まれている。最上の磁気層は、上側磁気層について上述したのと同じ特性を有する。Ru中間層より下の磁気層は、下側磁気層について上述したのと同じ特性を有する。

【0017】前述の記載では、上側と下側磁気層のみについて述べたが、上側と下側磁気層の何れか又は両方は、異なる組成の複数のサブ層を備えても良い。従って、例えば、もし下側層が複数のサブ層を備えるなら、組合わされたサブ層の有効複合Msは、上述した値である必要がある。同様に、上側又は下側層が複数のサブ層を備えるなら、サブ層の有効複合動的 $H_c$  (例えば、記録時間における) と $K_u$ は、上述した値である必要がある。

【0018】

【発明の実施の形態】図6を参照すると、本発明による

磁気記録媒体100は、非磁性基板102と、下層104と、下側磁気層106と、中間層108と、上側磁気層110と、炭素保護層112とを備える。基板102は、ニッケルアモルファス合金を無電解メッキしたアルミニウム合金基板でも良い。又は、基板102はガラス、ガラスセラミック、又は他の適当な材料でも良い。(典型的には、上述した層は基板102の上面と下面102a、102bの両方の上に形成されるが、例示のため上面102a上の層のみを示す。)

【0019】磁気層106と110は、典型的にはCo、Fe、又はNiベースの合金である。磁気層106の厚さは典型的には2から8nmであり、磁気層110の厚さは典型的には6から30nmである。中間層108は典型的にはRu又はRu合金 (例えば、本質的にRuからなる) である。(中間層108の厚さは典型的には0.3から1.0nmである。) Co合金の場合、磁気層106と110は、典型的にはHCP結晶構造と、112 $\bar{0}$ オリエンテーションを有する。(  $\bar{}$  は2の上)

下層104は、典型的にはCr又はCr-Mo等のCr合金である。1実施の形態では、下側層104はCr<sub>80</sub>Mo<sub>20</sub> (原子%) であり、厚さ10nm、BCC結晶構造である。

【0020】上述したように、本発明の1態様によれば、磁気記録媒体100は、高い交換磁界 $H_{ex}$ を示す。これは典型的には、(少なくとも一部は) 磁気層106が高いMsを示すことを保証することにより達成される。Msは、好ましくは $250 \text{ emu/cm}^3$ と等しいかそれより大きく、典型的には $300 \text{ emu/cm}^3$ と等しいかそれより大きく、1実施の形態では $350 \text{ emu/cm}^3$ より大きい。典型的には、磁気層106のMsは $2000 \text{ emu/cm}^3$ より小さく、磁気層106が主にCoである場合、磁気層106のMsは約 $1400 \text{ emu/cm}^3$ より小さい。(下側磁気層106は上側磁気層110より高いMsを有しても良いが、典型的には上側磁気層110は下側磁気層106より高い磁気モーメント $M_s T$  (磁化×厚さ) を有する。)

【0021】又、上述したように下側磁気層106の保磁力は、典型的にはゼロに等しいかそれより大きい。記録スイッチング時間における交換磁界 $H_{ex}$ より小さい。記録スイッチング時間とは、記録媒体上の点を書込み磁界に晒す時間量である。記録中のディスクドライブ内の磁気ディスクの場合は、記録スイッチング時間は、およそ回転するディスク上の点がヘッド書き込みギャップの長さを移動するのにかかる時間である。(現在製造されるディスクドライブ内のディスクは、約4,000から15,000rpmで回転する。これは、回転周期15ミリ秒から4ミリ秒に対応する。) 現在製造されているディスクドライブでは、スイッチング時間は約10nsである。保磁力とは、磁気フィルムの磁化領域にかけられる、その領域の磁気をゼロに減らすのに必要な磁界の強度である。

(これはフィルムにデータを記録するのに必要な磁界力の尺度である。) 保磁力は、磁気フィルムの領域に磁界

をかける時間の長さによる。言換えると、フィルムに磁界を非常に短時間しかかけないときは、フィルムに磁界を非常に長時間かけるときと比べて、磁気フィルムに書き込むのにより強い磁界を必要とする。1実施の形態では、記録スイッチング時間における下側磁気層106の保磁力は、磁気記録媒体100の交換磁界 $H_{ex}$ より小さく、好ましくは交換磁界 $H_{ex}$ の $1/2$ に等しいかそれより小さい（例えば、 $100\text{ ns}$ 又はそれより短い記録スイッチング時間について）。典型的には、上述の条件は、 $1\text{ ns}$ から $10\text{ ns}$ 又はそれより短いスイッチング時間（又は一般に $100\text{ psec}$ から $100\text{ ns}$ ）について当てはまる。こうすると、磁気層106を磁気層110と反対の方向にスイッチングするのが容易になる。（オプションとして、上述の保磁力の条件は、書き込み磁界が磁気記録媒体100の領域にかけられる他の時間量について当てはまる。）

【0022】1実施の形態では、上側磁気層110の静的保磁力は $3000\text{ Oe}$ より大きい（しかし、典型的には $10,000\text{ Oe}$ より小さい）。下側磁気層106の静的保磁力は $250\text{ Oe}$ より小さい（しかし、典型的には $0\text{ Oe}$ より大きい）。上側磁気層110の動的保磁力は $6000\text{ Oe}$ から $25,000\text{ Oe}$ である（スイッチング時間 $10\text{ ns}$ 又はそれ以下について）。下側磁気層106の動的保磁力は $2500\text{ Oe}$ より小さい（しかし、典型的には $0\text{ Oe}$ に等しいかそれより大きい）。

【0023】下側磁気層106は典型的には $\text{HCP Co}$ 合金である。1実施の形態では、下側磁気層106は、5から20原子%の $\text{Cr}$ 、0から6原子%の $\text{Ta}$ 、0から10原子%の $\text{B}$ 、0から10原子%の $\text{Pt}$ を有し、残りは $\text{Co}$ である。例えば、下側磁気層106は $\text{CoCr}_{16}\text{Ta}_4$ でも良い。（ここに、 $\text{CoCr}_{16}\text{Ta}_4$ は16原子%の $\text{Cr}$ 、4原子%の $\text{Ta}$ 、残り $\text{Co}$ の合金を示す。）又は、下側磁気層106は0から10原子%の $\text{X}$ を含有することができ、この $\text{X}$ は1つ又はそれ以上の他の元素である。例えば、 $\text{X}$ は $\text{Cu}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Ir}$ 、又は $\text{Y}$ の1つ又はそれ以上である。下側磁気層106の $K_u$ は、 $1.0 \times 10^4\text{ erg/cm}^3$ と等しいかそれより大きくてもよく、例えば $0.5 \times 10^6\text{ erg/cm}^3$ から $1.0 \times 10^6\text{ erg/cm}^3$ である。

【0024】他の実施の形態では、下側磁気層106は、粒子間がデカップリングした他の磁氣的にソフトな材料でも良い。例えば、好適に変更した $\text{NiFe}$ （パーマロイ）、 $\text{FeAlSi}$ （センダスト）、 $\text{CoTaZr}$ 、 $\text{FeTaC}$ 、 $\text{NiFeNb}$ 、 $\text{CoFe}$ 、 $\text{NiCrFe}$ 、 $\text{NiV}$ 、 $\text{CuNi}$ 、 $\text{FeRh}$ 、又は $\text{PtMn}$ である。

【0025】上側磁気層110はまた、典型的には $\text{Co}$ 合金層で、高い $M_s$ を有する。1実施の形態では、上側磁気層110は10から30原子%の $\text{Cr}$ 、8から20原子%の $\text{Pt}$ 、0から20原子%の $\text{B}$ を有し、残りは $\text{Co}$ である。例えば、上側磁気層110は $\text{CoCr}_{15}\text{Pt}_{11}\text{B}_{11}$ でも良

い。又は、上側磁気層110は0から10原子%の $\text{X}$ を含有することができ、ここに $\text{X}$ は1つ又はそれ以上の他の元素である。例えば、 $\text{X}$ は $\text{Nb}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Ir}$ 、又は $\text{Y}$ の1つ又はそれ以上である。1実施の形態では、上側磁気層110は、高い $K_u$ を有し、例えば $K_u$ は $1.0 \times 10^6\text{ erg/cm}^3$ より大きい、例えば $1 \times 10^6\text{ erg/cm}^3$ から $1.0 \times 10^7\text{ erg/cm}^3$ であり、熱安定性を促進する。（上側磁気層110の $K_u$ は下側磁気層106の $K_u$ より大きい。）上側磁気層110はまた、例えば $300\text{ emu/cm}^3$ より大きい高い $M_s$ を有する。1実施の形態では、上側磁気層110の $M_s$ は300から $600\text{ emu/cm}^3$ である。

【0026】図8Aと8Bは、それぞれ低い $M_s$ と高い $M_s$ の磁気記録媒体について $M_r$ 上の $H$ 磁界掃引レート（速度）の効果を示す。特に、図8Aと8Bの $H_{app}$ 磁界掃引レートは、0.1秒から数秒まで変化する。図8Bの磁気ディスクは、 $M_s$ が約 $550\text{ /cm}^3$ の下側磁気層を有する。このため、上側と下側磁気層の反強磁性結合は比較的高く、一般に下側磁気層は、かけられる磁界 $H_{app}$ が $0\text{ Oe}$ に達する前に磁化方向をスイッチングする。言換えると、一般に $M_r$ は掃引レートと独立である。

【0027】対照的に、図8Aの下側磁気層は低い $M_s$ （ $300\text{ emu/cm}^3$ ）を有し、従って低い反強磁性結合を示す。それゆえ、図8Aの磁気媒体の状況（下側レベル $H_c$ が交換磁界強度に近い）では、 $M_r$ はより掃引レートに依存する。これは、下側層を所望の状態に迅速にスイッチングすることができないので、好ましくない特性である。

【0028】図9Aと9Bは、それぞれ交換結合磁界 $H_{ex}$ が $300\text{ Oe}$ と $2500\text{ Oe}$ の磁気記録媒体について基本調和振幅減衰（fundamental harmonic amplitude decay）を示す。図9Aと9Bの $Y$ 軸は、正規化した基本調和振幅を示す。言換えると、磁気記録媒体にデータが記録された後、記録された信号の振幅は繰返しリードバックされる。 $Y$ 軸は、引続くリードバック値を初期のリードバック値で割った値を示す。図9Aのデータは、異なるデータ記録密度について発生している。図示するように、時間と共に振幅が小さくなる程度は、記録密度に大きく依存する。例えば、 $3\text{ kFCI}$ （1インチ当たり3000磁束変化）では、20秒で、規格化した基本調和振幅は、約0.73に低下し、一方 $289\text{ kFCI}$ の密度では、規格化した基本調和振幅は20秒後に約0.98の値に低下するにすぎない。この差の理由は、記録密度が増加する（即ち、磁化領域の大きさが減少する）と、消磁する磁界が増加するからである。この消磁する磁界が、下側磁気層106の磁化方向をスイッチングするのを助ける。もし、消磁する磁界が小さければ（低記録密度の場合のように）、下側磁気層106の磁化方向をスイッチングするのをすこししか助けず、それゆえ下側磁気層106が最終磁化状態（即ち、方向D4に磁化される）になるのにより



長い時間がかかる。

【0029】上述したように、図9Aのデータは、上側と下側磁気層の間の比較的低い反強磁性結合、例えば約300 Oeの交換磁界を示すディスクについて発生する。図9Bでは、ディスクは上側と下側磁気層の間に比較的高い反強磁性結合、即ち約2500 Oeを示す。この比較的高い結合が、下側磁気層106の磁化方向をスイッチングするのを促進する。それゆえ、かなり低い記録密度（例えば、3k FCI）でも、20秒後の規格化した基本調和振幅は、約0.91であり、図9Aの0.73と対照される。規格化した基本調和振幅の大きい変化は、望ましくない。磁気記録媒体100が不十分なスイッチングになり、信号安定性不十分になるからである。

【0030】図7は本発明の他の実施の形態による磁気記録媒体100aを示す。磁気記録媒体100aは図6の磁気記録媒体100に近似しているが、下層104と下側磁気層106の間に形成されたオプションのシード層105を含む。シード層105については、2000年11月21日にBertoroらに発行された米国特許第6,150,015号に記載されていて、この特許をここに参照する。

【0031】また図7には、磁気層110上に形成された磁気層120が示される。磁気層120により、磁気記録媒体100aを柔軟性を高めて調製することができ、所望のHc、MrT、ノイズ、又はPW50を示すようにできる。図7の実施の形態では、磁気層120の厚さは10nmでも良く、CoCr<sub>24</sub>Pt<sub>12</sub>B<sub>8</sub>でも良い。一方、磁気層110の厚さは6nmでも良く、CoCr<sub>15</sub>Pt<sub>11</sub>B<sub>12</sub>でも良い。又は、磁気層120はCoCrPtTaB等の他の合金、他のCo合金、Ni合金、又はFe合金でも良い。

【0032】図10は、本発明の他の実施の形態による磁気記録媒体を示す。図10において、磁気記録媒体100bは、基板102と、8nm厚さのCr-Mo<sub>20</sub>下層104と、2nm厚さのCoCr<sub>25</sub>Ta<sub>2</sub>シード層105と、4nm厚さのCoCr<sub>25</sub>Ta<sub>4</sub>磁気層106と、0.8nm厚さのRu中間層108と、磁気サブ層110a, 110b, 110cと、保護層112とを備える。例示すると、磁気サブ層110a, 110b, 110cは、2nm厚さのCoCr<sub>16</sub>Ta<sub>4</sub>と、6nm厚さのCoCr<sub>23</sub>Pt<sub>11</sub>B<sub>5</sub>でTa<sub>1</sub>と、6nm厚さのCoCr<sub>15</sub>Pt<sub>10</sub>B<sub>12</sub>でも良い。この実施の形態で、磁気サブ層110a, 110b, 110c（これらが上側磁気層110を形成する）は、第1方向に磁化され、一方、下側磁気層106は、中間層108による反強磁性結合により、第1方向と反対の第2方向に磁化される。従って、上側磁気層は複数の磁気サブ層を備えても良い。他の実施の形態では、下側磁気層もまた、複数の磁気サブ層を備えても良い。

【0033】この明細書において、「層構造」とは、1層、又は相互に強磁性結合した複数の層を言う。従って、ここで使用する下側磁気層106は層構造であり、磁気サブ層110a, 110b, 110cは全体で1つの層構造である。

【0034】図11は、磁気記録媒体100cを示し、該磁気記録媒体100cは、最下磁気層106'と、下側Ru層108'と、磁気層106''と、Ru層108''と、最上磁気層110と、保護層112とを備える。図11の実施の形態では、磁気層110の磁気特性は、図6、7、10の実施の形態について述べたのと同様である。Ru層108'と108''は、典型的には厚さが0.3nmから1.0nmであり、上述した反強磁性結合現象を促進する。磁気層106'と106''は、図6、7、10の実施の形態について述べたのと同様である。もし、磁気層110に磁化方向がD5であるようにデータを書き込み次に書き込みの磁界H<sub>app</sub>を除くと、磁気層106''の磁化方向は、D5と反対のD6になる。磁気層106'の磁化方向は、D6と反対のD7である。

【0035】図11は、複数の磁気層の間に挟まれた2層のRu層108', 108''を示す。他の実施の形態では、3層又はそれ以上のRu層を設け、それぞれ複数の磁気層の間に挟まれるようにできる。この実施の形態の利点は、磁気記録媒体100cのより大きい熱安定性をもたらすことである。

【0036】図6、7、10、11の実施の形態において、磁気層106（図11の場合は磁気層106'と106''）の磁化方向は、磁気層110の磁化方向により制御することができる。特に、磁気層110は、磁気層106（又は図11の場合は磁気層106''）に反強磁性結合して、磁気層110の磁化により、磁気層106（106''）の磁化方向は磁気層110の磁化方向と反対になる。同様に、磁気層106'と106''の間の反強磁性結合により、磁気層106'の磁化方向は磁気層106''の磁化方向と反対になる。要するに、磁気層106, 106', 106''の磁化方向は、磁気層110の磁化方向により決まる。従って、磁気層106, 106', 106''は「スレーブ層」といえる。即ち、（書き込み磁界が除去された後の）安定状態の磁化方向は、「マスター層」と例えば磁気層110により直接的又は間接的に決められる。

【0037】本発明による磁気記録媒体は、典型的には、スパッタリング等の真空蒸着技術を使用して製造される。例えば、1つ又はそれ以上の基板を基板キャリアに置き、該基板キャリアが1組のスパッタリングターゲットを通り過ぎるようにし、磁気ディスクの色々な層を蒸着することができる。ターゲットは、作成する層と実質的に同じ組成である。スパッタリングは、典型的にはアルゴン等の不活性ガスの雰囲気で行われる。（スパッタリングチャンバには他のガスが存在しても良い。）

【0038】本発明による磁気媒体（磁気媒体100, 100a, 100b又は100c）は、典型的にはディスクドライブに組込まれるディスクの形である（例えばディスク200、ディスクドライブ201）（図12）。ディスクドライブ201は、スピンドル202に取付けられた磁気ディスク200を備え、該スピンドルはディスク200を回転させるためモーター204に結合する。1対の読み書きヘッド206a, 206bがディスク200の近くに位置し、ディスク200の各側上

の磁気層からデータを読み、データを書込む。ヘッド 206a, 206b は、つり線 208a, 208b に取付けられ、該つり線は、アクチュエータ（例えば、回転又は直線アクチュエータ 210a, 210b）に取付けられ、ヘッド 206a, 206b をディスク 200 の所望のデータ記録トラック上に移動させる。ドライブ 201 には 1 つのディスク 200 のみを示すが、ドライブ 201 には複数のディスクを設けることもできる。

【0039】本発明を特定の実施の形態について記述してきたが、当業者は本発明の精神から離れることなく、形式と詳細な点を変えることができることを理解するであろう。例えば、ディスク基板は、機械的、化学的及び／又はレーザー組織化技術を使用して組織化することができる。異なる種類の保護層（例えば、カーボン、水素化又は炭素化カーボン、又はジルコニア）を上側磁気層 110 上に形成することができる。ディスクの上面に潤滑材（例えば、過フルオロポリエーテル潤滑材）を形成することができる。スパッタリング等の真空蒸着技術等、任意の蒸着技術により磁気ディスクの色々な層を形成することができる。1 つ又はそれ以上の磁気層に異なる分離材を添加して、粒子間の交換結合を壊すことができる。例えば、ホウ素、シリカ、アルミナ、ジルコニア、又は酸化タンタル、酸化コバルト等の他の酸化物である。磁気層の厚さは変えても良い。本発明の異なる態様は、相互に独立の実施することができる。従って、全てのこのような変形は本発明の範囲に入る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の第 1 の磁気記録媒体の断面図である。

【図 2】従来の第 2 の磁気記録媒体の断面図を示し、上側と下側磁気 C o 合金層の間の反強磁性結合を容易にするため、R u 層を備える。

【図 3】上側と下側磁気層が相互に強く反磁性結合しているときの、磁気記録媒体のヒステリシスループを示す。

【図 4】上側と下側磁気層が相互に弱く反磁性結合しているときの、磁気記録媒体のヒステリシスループを示す。

【図 5】従来の第 3 の磁気記録媒体の断面図を示し、磁気 C o 合金層と R u 層の間に C o 層を備える。

【図 6】本発明の第 1 の実施の形態による磁気記録媒体

の断面図である。

【図 7】本発明の第 2 の実施の形態による磁気記録媒体の断面図である。

【図 8 A】磁気記録媒体について M r T 上の H 磁界掃引レートの効果を示し、下側磁気層の M s は  $300 \text{ emu/cm}^3$  である。

【図 8 B】磁気記録媒体について M r T 上の H 磁界掃引レートの効果を示し、下側磁気層の M s は  $550 \text{ emu/cm}^3$  であり、図 8 A より高い交換磁界を有する。

【図 9 A】磁気記録媒体の基本調和振幅減衰を示し、交換磁界は約  $300 \text{ Oe}$  である。

【図 9 B】磁気記録媒体の基本調和振幅減衰を示し、交換磁界は約  $2500 \text{ Oe}$  である。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態による磁気記録媒体の断面図である。

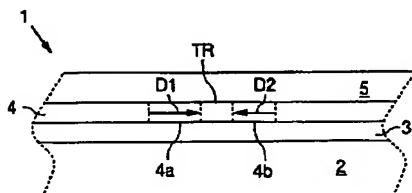
【図 11】本発明の第 4 の実施の形態による磁気記録媒体の断面図である。

【図 12】ディスクドライブに組込んだ本発明による磁気ディスクを示す。

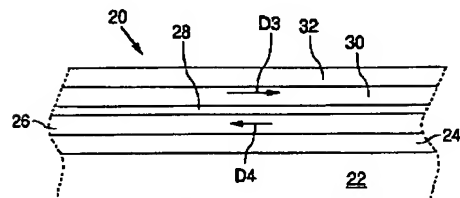
#### 【符号の説明】

- 100 磁気記録媒体
- 102 非磁性基板
- 102a 上面
- 102b 下面
- 104 下層
- 105 シード層
- 106 下側磁気層
- 108 中間層
- 110 上側磁気層
- 112 炭素保護層
- 120 磁気層
- 200 ディスク
- 201 ディスクドライブ
- 202 スピンドル
- 204 モーター
- 206a, 206b 読み書きヘッド
- 208a, 208b つり線
- 210a, 210b 回転又は直線アクチュエータ

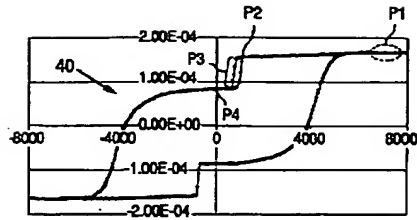
【図 1】



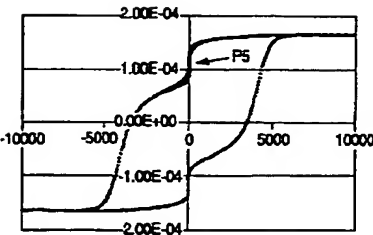
【図 2】



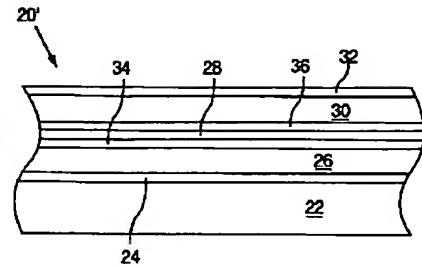
【図3】



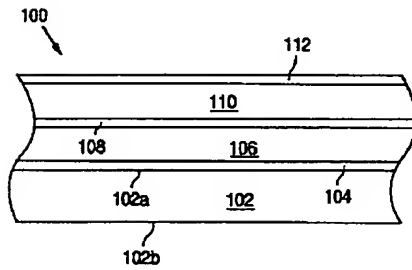
【図4】



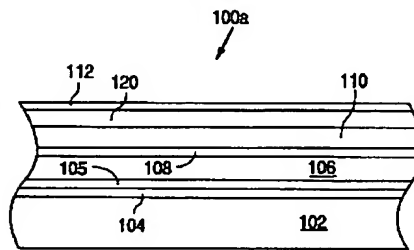
【図5】



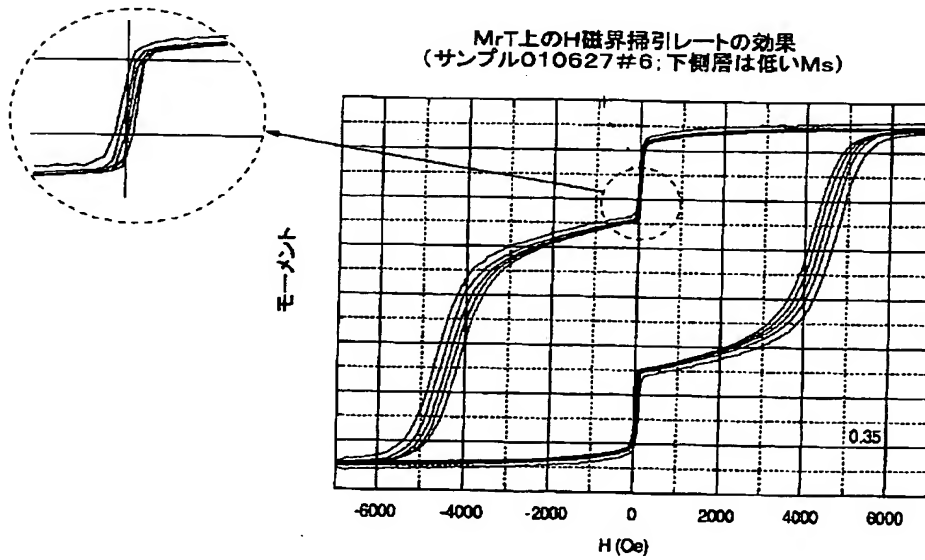
【図6】



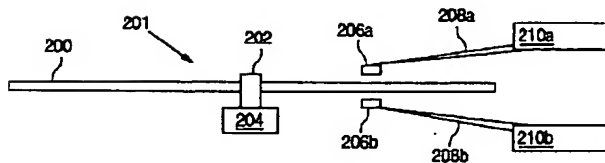
【図7】



【図8A】

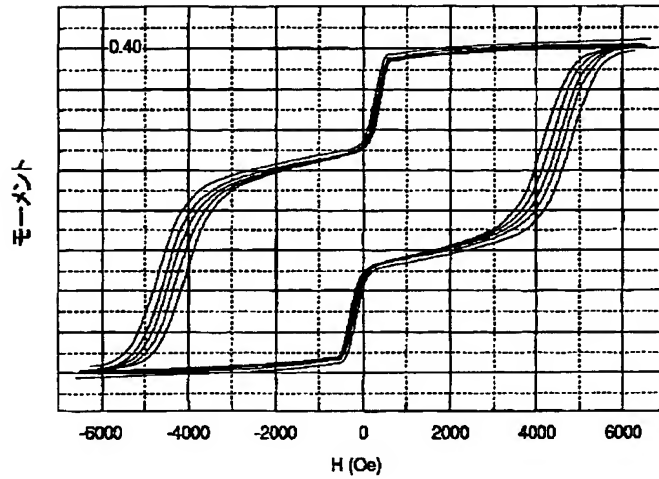


【図12】

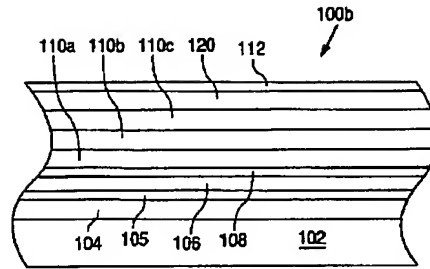


【図8B】

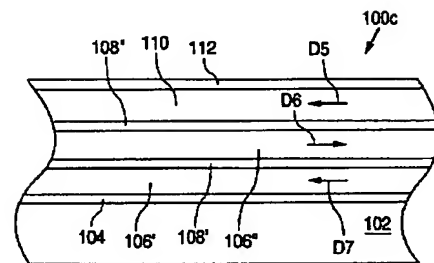
MrT上のH磁界掃引レートの効果  
(サンプル:010703#9;下側層は高いMs)



【図10】

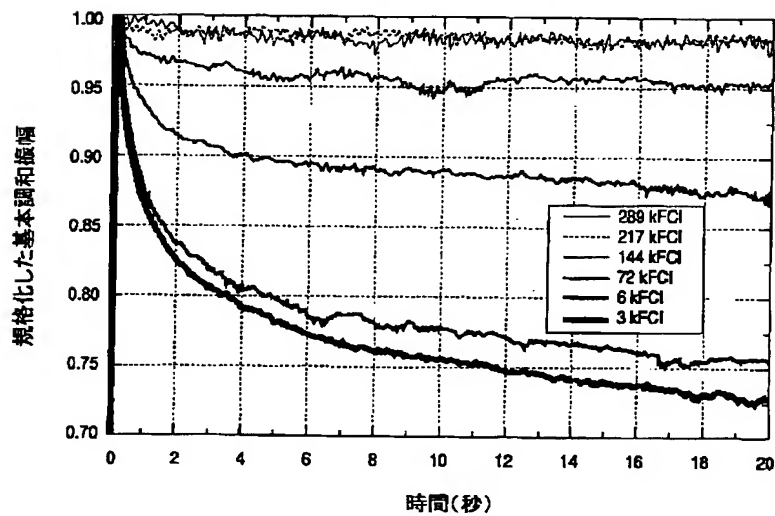


【図11】

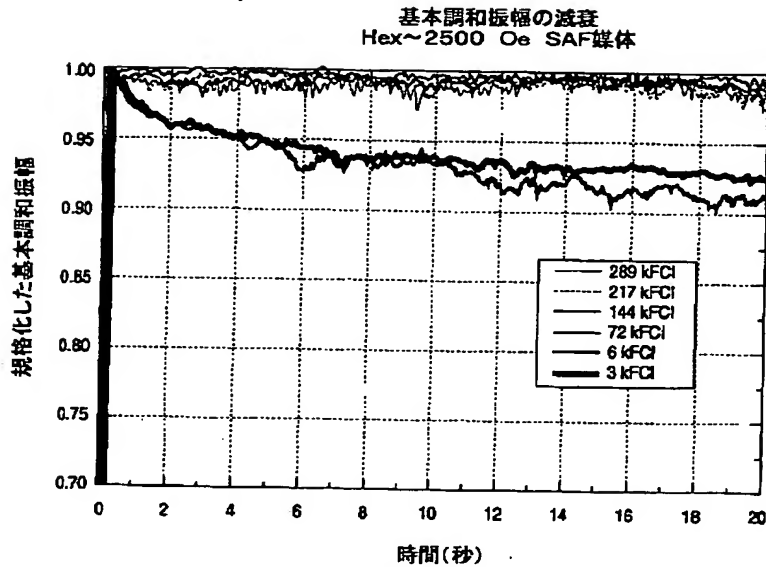


【図9A】

基本調和振幅の減衰  
Hex~300 Oe SAF媒体



【図9B】



フロントページの続き

(72)発明者 サディール マロートラ  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 94539 フリーモント ワシントン コモ  
 ン 43151

(72)発明者 デイヴィッド ワチエンシュワンツ  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 95070 サラトガ カヴィナ コート  
 12066

(72)発明者 ツェンシェン シャン  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 94539 フリーモント クロフォード ス  
 トリート 46716 アパートメント 21

(72)発明者 ドナルド スタッフォード  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
 94539 フリーモント ウォーム スプリ  
 ングス ブールヴァード 47112 アパー  
 トメント 319

Fターム(参考) 5D006 BB02 BB07 BB08 CA01 CA03

079200 MAIN FILE 0001 DA03 EA03 FA09

5E049 AA04 BA06 CB02 CC01

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**